

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

В. А. Зубарев

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: Zubarev_1986@mail.ru

В статье проведен обзор выбора гидрохимических индексов оценки поверхностных вод. Рассмотрены принципы и методы расчета индексов, выделены их недостатки и преимущества.

Ключевые слова: индексы, класс качества воды, интегральная оценка, вода.

Поверхностные воды представляют собой многокомпонентные природные объекты переменного состава с разнообразными целями использования, поэтому они сложны для любого вида оценок, особенно количественных. Все увеличивающееся количество оценок, растущее разнообразие принципов и методов их построения требуют глубокого обобщения и анализа накопленного материала. Упорядоченность работ в этой области очевидна, поскольку при выборе оценок применительно к той или иной цели большое значение приобретает решение вопроса о том, какая из них является наиболее подходящей в каждом конкретном случае. Актуальность этой проблемы определяется еще и тем, что от правильно выбранного метода во многом зависит обоснованность выводов и прогнозов экологического состояния рек и водоёмов, что определило направление и содержание данной статьи, причем особое внимание уделено анализу комплексных гидрохимических индексов оценки загрязнения речных систем.

В России анализом состояния методов оценки качества поверхностных вод в разное время занималось значительное количество исследователей, в том числе Былинкина А.А., Драчев С.М., Ицкова А.И., Верниченко А.А., Гурарий В.И., Львов В.А., Лозанский В.Р., Белогуров В.П., Вельнер Х.А., Амбразене Ж.П., Вайсман Я.И., Зайцева Н.Е., Песина С.А., Шайн А.С., Жукинский В.Р., Оксюк О.П., Скакальский Б.Г., Караушев А.В., Шварцман А.Я., Красовский Г.И., Смирнова Р.Д., Васнжович А.Я., Борисов А.И., Сидоренко Г.И., Пинигин М.А., Егорова Н.А., Марголина С.М., Рохлин Г.М., Болеев В.П., Мороков В.В., Хваступова Р.М., Новиков Ю.В., Плитман С.И., Ласточкина К.О., Заболоцкая В.В. и многие другие.

Большое внимание решению проблемы оценки качества воды уделялось и в других странах, например в Польше [56], Венгрии [20], Германии [60], Чехословакии [29]. В этих странах Европейского экономического сообщества оценки использовались, как правило, для различного рода классификации качества воды [21].

К настоящему времени крупных работ в области обобщения анализа качества поверхностных вод практически нет. Публикации обзорного характера чаще посвящены вопросам оценки состояния окружающей природной

среды в целом и касаются поверхностных вод лишь частично [4, 37]. Гораздо меньше исследований, полностью посвященных оценкам загрязненности и классификации поверхностных вод [26]. Некоторые авторы анализируют лишь отдельные методы с целью обоснования их использования [48] либо усовершенствования [31, 45]. В разное время осуществлялись попытки систематизации накопленного материала, например, для классификации оценок по их целям, принципам, условиям применения, формулировки основных требований, уточнения функций, которые будет выполнять каждая из них во множественной системе оценок [33, 51].

Многие исследователи занимаются разработкой новых или переработкой известных методов оценки качества, не касаясь проблемы развития теории оценочных исследований в области качества поверхностных вод. Несмотря на продолжительный период активных разработок в этой области (около 40 лет), большинство проблемных вопросов и в настоящее время находятся в стадии исследования. Уровень и качество их изученности неодинаковы; существенно различается степень теоретической разработки отдельных элементов процедуры оценивания.

На основании гидрохимических методов предложены различные интегральные количественные индексы для определения качества воды, например:

- индекс качества воды (ИКВ), индекс загрязненности воды (ИЗВ);
- индекс загрязненности воды, поправкой на водность (ИЗВ*);
- комбинаторный индекс загрязненности воды (КИЗВ);
- удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ);
- индексы загрязненности рек металлами и токсическим веществом;
- индекс потенциального загрязнения воды;
- общесанитарные индексы качества воды;
- индекс качества воды для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд;
- индекс качества воды для водоснабжения и орошения;
- индекс токсичности.

Алгоритм получения интегральных индексов состоит из реестра исходных показателей химического состава воды и методик их определения, выбора стандарта для экологической градации качества воды по каждому показателю, метода расчета индекса и эталонов для интегральной оценки воды.

Первой проблемой при расчете интегральных индексов является обоснование выбора оптимального и минимального перечней показателей качества воды, на которых должны базироваться комплексные оценки. Данному вопросу посвящено немало публикаций (Ровинский Ф.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Новиков Ю.В., Плитман С.И., Ласточкин К.О., Хвастунов Р.М. и др.). Использование тех или иных параметров, как правило, определяется сложившимися традициями, экономическими либо техническими возможностями и рядом других факторов. Часто при выборе количества и перечня, учитываемых в оценках ингредиентов химического состава воды, использовались экспертные оценки, литературные данные и личный опыт авторов.

К настоящему времени уже накоплен существенный объем информации о характеристике водных ресурсов страны, на базе которых осуществлялись научные исследования. Одними из базовых трудов по вопросу изучения гидрохимического режима поверхностных вод СССР являются работы Алёкина О.А. В своей монографии [3] он выделил основные компоненты химического состава природных вод, дал их характеристику, источники образования, рассмотрел процессы трансформации веществ в природной водной среде. Федоров В.Д. [8], Сидоренко Г.И. [40] в своих работах определили такие критерии, как токсичность, распространенность в окружающей среде; степень выраженности кумулятивных свойств, способность вызывать отдаленные эффекты, степень контакта с населением в зависимости от объема производства и характера рассеивания загрязнении в водной среде, способность к деградации или накоплению, способность ухудшать гигиенические условия жизни населения, в частности путем ухудшения органолептических свойств воды и санитарного режима водоемов. Новиков Ю.В. с соавторами считают необходимым использовать для оценки качества воды показатели, с установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК), которые могут образоваться в результате химических и биологических превращений [34], и интегральные натуральные показатели качества воды, имеющие нормативы или тесно связанные с ними [35]. Красовский Г.Н. с соавторами детально, в различных аспектах, разработали подходы для выделения приоритетных региональных ингредиентов и показателей качества воды в оценочных исследованиях [25].

По количеству показателей, используемых для построения формализованных оценок качества воды, отмечается существенное разнообразие. Индекс качества воды в штате Орегон рассчитывался Dunnette D. с учетом 14 показателей. Марголина С.М., Рохлин Г.М. также в 1979 г. рекомендовали учитывать до 30–40 характеристик [28]. Индекс общесанитарного состояния водного объекта Лебедевой Е.А. в 1987 г. интегрирован по

шести гидрохимическим и гидрофизическим параметрам [27], Гриб И.В. с соавторами в 1990 г. – по 15 показателям [13]. В ряде методов число учитываемых веществ не лимитируется по одним свойствам, но строго ограничивается по другим. Большинство же исследователей основывают свои комплексные оценки по 9–15 ингредиентам качества воды.

Horton R. использовал параметры, по которым есть исходная аналитическая информация [54]. Tnietty Y., Dunette D., Landvver J., Deininger R. полагали, что определяющую роль при отборе параметров должна выполнять цель оценки, то есть выбор ингредиентов необходимо ориентировать на желаемый результат [59]. Bolton P. с соавторами для установления списка важных для комплексной оценки качества ингредиентов использовали экспертный метод с участием 140 экспертов по качеству воды [50].

Для характеристики вод с медико-геохимической точки зрения в качестве приоритетных веществ были выбраны ингредиенты природных вод, влияние которых на организм человека является установленным и достаточно отражено в литературе [1].

В работах Вайтмана с соавторами и Горячева (1979) перечни учитываемых веществ сгруппированы по лимитирующему признаку вредности [9, 16].

Предложено производить выбор основных загрязняющих веществ по специальной методике, основанной на экспертных оценках характеристик: расчетных параметров токсичности и устойчивости; растворимости, влияния на общий санитарный режим и органолептические свойства воды, масштаба возможных ограничений условий водопользования населения в зонах влияния выбросов и др. [19].

Итак, можно утверждать, что выбираемый для оценивания перечень ингредиентов химического состава воды во многом определяет представительность результирующей оценки. При установлении перечней целесообразно исходить главным образом из целей оценки, конкретной ситуации на водном объекте и состава поступающих в поверхностные воды загрязняющих веществ.

Для расчета комплексных индексов предварительно проводят сравнения значений концентрации поллютатов с экологическими стандартами. Существенные отличия проявляются в подходе к выбору эталонных значений, оцениваемых параметров качества воды для установления степени отличия, наблюдаемого состояния от удовлетворяющего нормативам. По этому признаку комплексные оценки подразделяются на следующие:

- базирующиеся на применении официально утвержденных норм водопользования;
- основывающиеся на обобщении литературных материалов и опыта отдельных исследователей либо исследовательских коллективов;
- предполагающие использование ряда математических методов, в частности, теории распознавания образов, информационно-логического анализа и т. д.

В некоторых методах в качестве критериев используются фоновые значения показателей загрязнения [32]

или их сочетание с государственными нормативами. В России чаще всего используют в качестве эталонов значения концентраций, нормированное по ПДК.

Steinhart С. с соавторами [57] использовали в качестве базисных международные критерии, созданные для Великих Озер США. При отсутствии критериев, для некоторых параметров качества воды ими использовались соответствующие федеральные стандарты.

Одной из важных операций является выбор методики для расчета индексов. Вообще-то, индексы – это относительные величины, количественно характеризующие сводную динамику разносоставной совокупности, какой является химический состав поверхностных вод. Индексы загрязненности воды представляют собой одно число, но есть отдельные более оригинальные предложения. Так, в некоторых работах индекс качества выражался комбинацией из двух или трех чисел, каждое из которых имело свой физический смысл и цифровые оценочные шкалы, отличающиеся диапазоном значений. Интервалы цифровых значений индексов загрязненности поверхностных вод в различных методах существенно отличаются. В ряде работ значения индекса качества воды выражаются числом от 0 до 100 [52], от 10 до 100 [53], от 0 до 1 [55], от 0 до более 4 [38] и так далее. Чаще нулевое значение отражает наихудшее качество, верхний предел – наилучшее, иногда, например в [58] – принят обратный порядок. Как правило, индексы безразмерны. Но есть и другие варианты их выражения, например, в одной из наиболее ранних работ Richter К. (1959) индекс выражался в процентах, при этом 0% отражало более высокую степень загрязненности воды.

В России в качестве интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод использовали классы качества воды, оцениваемые по величинам гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ) [12]. В последнее время употребляется наиболее информативная комплексная оценка качества вод – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) [39]. В этом методе для каждого ингредиента на основе фактических концентраций рассчитывают баллы кратности превышения ПДК временного. Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. Кроме методов оценки качества вод по ИЗВ и УКИЗВ, среднегодовая концентрация используется и в ряде других методов. Так, суммарный показатель химического загрязнения вод ПХЗ-10 рассчитывается по десяти соединениям, максимально превышающим ПДК, с использованием формулы суммирования воздействий. В методике НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана [34] комплексная оценка уровня загрязнения воды вычисляется отдельно для каждого лимитирующего признака вредности по формуле, усредняющей концентрации всех проб. Годовые значения вычисляются простым суммированием, что в результате даёт среднеарифметическое значение годовых концентраций, нормированное по величине ПДК.

Различными авторами сформулированы конкретные рекомендации по применению системы интегральных

показателей для мониторинга различных видов водных объектов [15]. Например, Таганов Е.Д. для получения интегрального показателя загрязненности воды в реках считал принципиально важным отражать в нем фактическую массу каждого отдельного загрязняющего вещества, пребывающего в воде в течение оцениваемого периода времени [43]. Егоренко Л.Г. в основе оценки качества воды использовал частоту появления максимальных значений концентраций загрязняющих веществ [17]. В основу методических приемов оценки воды водных объектов питьевого и хозяйственно-бытового назначения в работе [42] был положен принцип использования донных осадков как индикаторов загрязнения воды. Красильщиков Д.Г. с соавторами [24] интегральные оценочные показатели определяли через критерии токсической и эпидемиологической безопасности. Плетникова И.П., Сологуб А.М. [38] учитывали при получении оценок общесанитарного режима воды наиболее распространенные химические загрязняющие вещества. Митин Б.А. и др. [30] предложили проводить комплексное исследование воды рек и выявление причин их загрязнения по индексу токсичности.

Одним из эффективных методов унифицированного контроля информации о водопользовании и качестве природных вод является составление контрольного гидрохимического баланса, что позволяет осуществить контроль над системой наблюдений за химическим составом воды, выявлять недостатки в этой системе, оценивать вклад отдельных составляющих в общий поток, попадающих в реку веществ и давать рекомендации по усовершенствованию методики наблюдений, повышая тем самым качество формирования первичной гидрохимической информации [22]. В работах Скакальского Б.Г. отмечается актуальность и показана возможность использования баланса химических веществ как метода оценки надёжности данных государственного учёта вод и их использования [42]. Однако из-за сложности определения отдельных составляющих попытки расчёта баланса в водотоках предпринимаются нечасто, и практически все авторы таких работ отмечают большие трудности в достоверной оценке источников поступления в водотоки.

Различные методы предложены и для расчета индексов.

Многие методики оценки качества водных объектов по комплексу гидрохимических показателей используют такую статистическую оценку состояния водных объектов, как среднее арифметическое значение концентраций, измеренных за определённый период, чаще всего год. В связи с этим при оценке экологического состояния водных объектов с помощью средних значений рассматриваемых показателей возникает ряд проблем. Уже доказана необходимость отдельного изучения экстремальных характеристик загрязнения, причин их появления и методов их оценок [14], так как при оперировании исключительно средними значениями не учитываются или учитываются не в полной мере возможные отклонения действительных значений показателей от среднего.

Кроме того, что при вычислении среднегодовых концентраций, как правило, не учитывается водность реки во время отбора проб [23]. Однако в течение года она (водность) подвержена значительным колебаниям, и способность рек транспортировать поллютанты в течение года меняется в десятки и в сотни раз. При отсутствии измерений расходов воды в период отбора проб для химического анализа проблема учёта водности может быть решена при наличии надёжной связи концентрации загрязнителей и расходов воды. Установлением зависимости между водностью рек и разными компонентами химического состава воды занималось много авторов. Алёхин О.А. показал, что для равнинных рек гидрохимический режим выражается синхронными, но обратно противоположными изменениями кривых минерализации и расхода воды [2].

Разработаны методы, основанные на расчёте коэффициента корреляции между рядами по расходу воды и концентрацией компонентов химического состава вод [18]. Однако можно сказать, что взаимосвязь химического состава природных вод с водностью рек имеет довольно сложный и неоднозначный характер. В условиях высокой антропогенной нагрузки такая связь часто нарушена и основным фактором, влияющим на концентрацию в водных объектах на территории городов и промышленных зон, является антропогенное воздействие: сбросы промышленных предприятий, аварийные переполнения отстойников и так далее.

Некоторые из перечисленных выше недостатков могут быть устранены методами математической статистики [46]. Использование математического аппарата обосновывалось теми или иными соображениями [6]. Так, оценка загрязнённости вод по Фрумину Г.Т. и Баркану Л.В. [44] основана на функции желательности Харрингтона [7], в которой класс качества вод определяется по среднегеометрическому значению частных показателей желательности. Такой подход позволяет дать более жёсткую оценку качества воды, чем ИЗВ.

В работах зарубежных авторов также существует критика простого осреднения показателей для комплексной оценки качества природных вод [50]. Было показано преимущество «мультипликативного» метода перед «арифметическим», так как первый является более чувствительным к изменениям параметров, а следовательно, он более точно отражает изменение качества вод [10]. Мультипликативный метод предполагает назначение удельных весов для параметров, учитываемых в индексе показателя качества вод. Несмотря на то, что при этом существует риск введения в оценку некоего градуса субъективности, считается важным рациональное и унифицированное обоснование вышеупомянутого веса в зависимости от типа водопользования и важности параметра в связи с риском, который подразумевает увеличение или уменьшение его концентрации [11].

Следующим немаловажным этапом является выбор стандартов (критериев) для оценки качества воды по значениям индексов. Многие из них основаны на нормативных критериях государственного, федерального,

регионального уровней [5]. Нередки случаи, когда в качестве критериев применялись интервалы концентраций или значений параметров. Установление интервалов и присуждение соответствующей им качественной оценки проводятся либо на основании литературных данных и личного опыта автора и авторских коллективов, либо на основании использования методов экспертных оценок, либо другими способами. Несмотря на длительность и глубину проработки этого вопроса, предельные значения интервалов по отдельным ингредиентам и показателям качества воды в разных методах отличаются.

Нередко качество воды определялось сравнением среднего значения самого неблагоприятного состояния с нормативами по отдельным ингредиентам либо с интервалами их значений [47].

Индексы качества воды, используемые в США, Великобритании, Испании, Канаде и ряде других стран, чаще всего имеют значения от 0 до 100, что указывает на стремление авторов обеспечить большую чувствительность методов оценки. Нередко один и тот же метод обладает разной чувствительностью в водах, отличающихся по степени загрязнённости. Например, некоторые из них более адекватно оценивают очень грязные воды и менее чувствительны в диапазоне слабо загрязнённых или загрязнённых вод. Другие, наоборот, не улавливают различий в очень широком диапазоне грязных вод и сильно отличающихся состояниях загрязнённости воды оценивают одинаково.

Отчетливо прослеживается наличие различий оценок качества поверхностных вод по обстоятельствам их разработки и степени апробации. Предложения ряда авторов носят исключительно теоретический характер, не подкрепленный практическим использованием на конкретных водных объектах. Оценки других апробированы на небольших объемах аналогичных данных на одном или нескольких водных объектах и, наконец, оценочные показатели третьих широко используются в водоохраной практике. Степень апробации большинства методов и способов оценки крайне низка и сводится, как правило, к ограниченным единичным случаям применения.

Таким образом, анализ существующих оценок качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям свидетельствует о том, что комплексная характеристика качества поверхностных вод представляет собой достаточно сложную проблему, по которой пока не найдено однозначного решения.

Обсуждаемые индексы строго индивидуальны и раскрывают многие стороны изучаемой проблемы в разнообразных аспектах. Принципиальные и методические основы расчета индексов различны и многоплановы, при этом ни один из них не решает проблемы в целом.

Практически все предложенные индексы не лишены недостатков. К наиболее характерным можно отнести следующие:

- субъективность выбора основных параметров и интервалов разбиения диапазона их возможных значений;

- выбор худшего показателя в оценке качества воды;
- отсутствие во многих работах комплексности при оценивании;
- нечеткость формулирования способа агрегации аналитического материала;
- использование необоснованно сложного математического аппарата;
- требование обширных, не всегда имеющих сведения о водном объекте;
- излишнее ограничение перечня и числа используемых показателей и др.

Представленные выше индексы, как правило, апробированы на небольшом аналитическом материале и только и по отдельным водным объектам. Проведенная на натурном материале верификация оценки качества, загрязненности поверхностных вод свидетельствует о том, что результаты, получаемые различными расчетами, часто не тождественны, а иногда и не сопоставимы. Расхождения в итоговых оценках не означают ошибочности последних либо их непригодности. Они свидетельствуют лишь о том, что разные методы дают оценки различной точности и степени приближения модели к реально существующему качеству воды. Для рекомендации их к использованию необходима дополнительная проверка в естественных условиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Авессаломова И.А. Медико-геохимическая оценка природных вод антропогенных ландшафтов (на примере Коломенского района) // Геохимия ландшафтов и борьба с загрязнением природной среды. М., 1977. С. 9–12.
2. Алёкин О.А., Бражникова Л.В. Сток растворенных веществ с территории СССР. М.: Наука, 1964. 143 с.
3. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 440 с.
4. Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г., Яковлев А.Ф. Экономика и качество окружающей природной среды. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 190 с.
5. Белоусов А.П., Завеса М.П., Геков В.Ф., Сибилев А.П. Использование комплексных показателей оценки загрязненности водных объектов для обоснования целесообразности и очередности внедрения на них автоматизированных систем типа АН-КОС-ВГ // Гидрохимические материалы. 1984. Т. 92. С. 101–106.
6. Беляева Т.А., Буяров В.С., Малинина Т.В. Интегральная оценка качества водной среды // Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды: Труды ЛПИ. Л.: ЛПИ, 1985. Вып. 8. С. 19–23.
7. Болдырева Н.М., Скурлатов Ю.И., Швыдкий В.О. Новые обобщенные показатели качества вод // Водные ресурсы. 1987. № 5. С. 73–83.
8. Вайновский П.А. Методы обработки и анализа океанологической информации: Многомерный анализ СПб.: РГГМИ, 1992. 96 с.
9. Вайсман Я.И., Зайцева Н.В., Анцайтис А.В. Интегральная оценка качества воды водных объектов при анализе реальной нагрузки сточных вод и заболеваемости населения // Охрана окружающей среды в связи с использованием промышленных отходов в народном хозяйстве: тез. докл. конф. Пермь, 1984. С. 27–30.
10. Васильев Ю.С., Огорокова Л.Г., Семенов М.В. Методические аспекты экономической оценки приоритетности водоохранных мероприятий и рациональное использование природных ресурсов и охраны окружающей среды. Л.: Гидрометеоздат, 1983. № 6. С. 3–5.
11. Гордин И.В. Динамические оценки загрязненности рек в условиях регулирования речного и техногенного стока // Водные ресурсы. 1981. № 4. С. 108–117.
12. Горячева С.А. Разработка количественных показателей качества окружающей среды в США и Канаде // Вопросы статистики окружающей среды. М.: МГУ, 1979. С. 103–115.
13. Гриб О.Н. Уточнение метода расчёта ежедневных расходов минеральных веществ на малых реках Крыма // Метеорология, климатология и гидрология. 2005. № 49. С. 511–519.
14. Данилова Г.Н., Емельянова В.П. Характеристика загрязненности поверхностных вод бассейна р. Оки с использованием комплексных оценок // Гидрохимические материалы. 1989. Т. 18. С. 76–90.
15. Данилова Г.Н., Емельянова В.П., Шварцман А.Я., Скакальский Б.Г. О некотором усовершенствовании метода комплексных оценок загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям // Состояние и перспективы развития методологических основ химического и биологического мониторинга поверхностных вод суши: тез. докл. XIX Всесоюз. гидрохим. совещ., г. Ростов-на-Дону, 28–30 октября 1987 г. Ростов-на-Дону, 1987. Т. 1. С. 387–389.
16. Евдокимов С.А. Обобщающие показатели качества поверхностных вод // Водные ресурсы. 1990. № 2. С. 109–114.
17. Егоренко Л.Г. К вопросу о единой оценке санитарного состояния водохранилищ Свердловской и Челябинской областей // Охрана природных вод Урала. 1986. № 16. С. 42–43.
18. Заболоцкая В.В. Аналитические методы численного оценивания качества воды и комплексов водоохранных мероприятий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 11.00.11. Харьков, 1990. 24 с.
19. Зайцева Н.В. Методические подходы к обоснованию выбора веществ для гигиенического регламентирования при прогнозировании санитарного состояния водных объектов // Прогноз состояния и управления качеством окружающей среды в районах промышленных узлов. Пермь, 1980. С. 82–83.
20. Катона Э. Формирование и регулирование качества воды в Венгрии // Бюллетень по водному хозяйству СЭВ. М., 1985. №2 (36). С. 75.
21. Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. СПб.: Гидрометеоздат, 1990. 48 с.

22. Колесникова Т.Х., Кашин А.Т., Иваник В.М., Скальский Б.Г. Учетный баланс химических веществ как метод оценки надежности данных государственного учета вод и их использования // Гидрохимические материалы. Т. 75. Л.: Гидрометеиздат, 1979. С. 67–71.
23. Колесникова Е.В. Анализ качества воды малых рек в условиях высокой антропогенной нагрузки // Вопросы прикладной экологии. Сборник научных трудов. СПб.: РГГМУ, 2002. С. 99–103.
24. Красильщиков Д.Г., Ятулене Н.К., Зак М.Р. О новых методических подходах к организации оперативного контроля за качеством воды с учетом вида водопользования // Проблемы и пути рационального использования природных ресурсов и охрана природы: тез. докл. 11 Республ. гидромет. конф. Шауляй, 20 мая 1986 г. Вильнюс. 1986. С. 75.
25. Красовский Г.Н. Гигиеническая классификация водоемов по степени их загрязнения // Вопросы охраны окружающей среды: тез. докл. Пермь, 1981. С. 11–14.
26. Кудис С.П., Шпаковский Э.П. Классификация качества водных ресурсов в соответствии с видами водопользования в странах региона ЕЭК // Водоотведение и оценка качества поверхностных вод. Минск: Наука и техника, 1983. С. 26–32.
27. Лебедева Е.А. Об оценках качества поверхностных вод // Вопросы организации региональной географической информации: тез. докл. 3 регион. шк. семинара. Владивосток, 1987. С. 76–77.
28. Марголина С.М., Рохлин Г.М. О комплексной оценке степени загрязнения водоемов // Труды института прикладной геофизики. 1977. 35. С. 99–100.
29. Миколаш Я., Питтерман Л. Управление охраной окружающей среды. М.: Прогресс. 1983. 238 с.
30. Митин Б.А., Попова Л.Я. К методике комплексного исследования состояния рек и выявления причин их загрязнения промышленными и бытовыми стоками // Водные ресурсы. 1974. № 1. С. 131–134.
31. Мороков В.В. Понятие качество «водных ресурсов», его измерения и использование в плановых расчетах // Основные категории и понятия экономического природопользования. Свердловск. 1985. С. 40–45.
32. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. Л.: Гидрометеиздат. 1990. 229 с.
33. Никанорова А.М. Справочник по гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат. 1989. 392 с.
34. Новиков Ю.В., Плитман С.И., Ласточкина К.О., Хвастунов Р.М. Оценка качества воды по комплексным показателям // Гигиена и санитария. 1984. № 11. С. 17–19.
35. Новиков Ю.В., Плитман С.И., Ласточкина К.О., Хвастунов Р.М. Использование комплексных показателей при разработке гигиенической классификации водоемов по степени их загрязнения // Гигиена и санитария. 1984. № 6. С. 11–13.
36. Новиков Ю.В. Охрана окружающей среды. Ташкент: Медицина, 1983. 200 с.
37. Пегов С.А., Растопшин Ю.А. Комплексная оценка состояния окружающей среды. М., ВНИИ системных исследований, 1981. 51 с.
38. Плетникова И.П., Сологуб А.М. Гигиенические основы развития систем водоснабжения и водоотведения в Сибири // Водоснабжение и санитарная техника. 1981. № 2. С. 4–6.
39. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. М.: Изд-во стандартов. 2001. 48 с.
40. Сидоренко Г.И. Обзор отечественной литературы по вопросам гигиены окружающей среды за 1980 г. // Гигиена окружающей среды. М.: Медицина. 1982. С. 7–26.
41. Скакальский Б.Г. Оценка качества речных вод и Методы расчета речного стока: Международные высшие гидрологические курсы ЮНЕСКО при МГУ, 11 сессия, Москва. М., 1980. С. 98–112.
42. Скакальский Б.Г. Антропогенные изменения химического состава воды и донных отложения в загрязняемых водных объектах: дис. ... д-ра геогр. наук. 1996. 316 с.
43. Таганов Д.Н. К вопросу об интегральном показателе загрязненности воды реки // Труды института прикладной геофизики. 1982. № 44. С. 32–34.
44. Фруммин Г.Т., Баркан Л.В. Комплексная оценка загрязненности поверхностных вод Ладожского озера по гидрохимическим показателям // Водные ресурсы. 1997. Т. 24, № 3. С. 315–319.
45. Черепанов В.В. Об экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1983. Т. 19, № 2. С. 56–59.
46. Шелутко В.А. Техника статистических вычислений в гидрологии Л.: Гидрометеиздат, 1977. 175 с.
47. Шелутко В.А., Колесникова Е.В. Анализ погрешностей расчёта средних годовых концентраций загрязняющих веществ в реках за счёт неучёта водности // Вестник СПбГУ, Серия 7. Вып. 3, 2008. С. 75–78.
48. Bolton P.W., Currie J.C., Tervet D.J., Welsh W.T. An Index Improve Water Quality Classification // Water Pollut. Control. 1978. P. 271–284.
49. Brown R.M., McClelland N.I., Deininger R.A., O'Connor M.F. A water quality index – crashing the psychological barrier // Adv. Water Pollut. Res. Proc. 6th Int. Conf, Ierusalim, 1972. Oxford. P. 787–794.
50. Brown R. Water Quality Index – Do We Dare? // Water Sewage Works, 1970. P. 339–343.
51. Dictrich F.W. Zur Konstruktion von Umweltindices // Allg. statist. Arch. Wiesbaden, 1975. V. 59. № 1. P. 41–64.
52. Dojlodo I., Woyciechowska Y., Stojda A. Indeks jakosci wodi a dotychczas stosowana metoda // Cospodarka wodna. 1986. V. 46. P. 23–22.
53. Dunette D.A. A geographically variable water quality index used in Oregon // Water Pollution Cont. 1979. 51. № 1. P. 53–70.

54. Horton R. An Index – Number System for Rating Water Quality // Water pollution control federation. 1965. V. 37, № 3. P. 300–306.
55. Inhaber H. An approach to a Water Quality Index for Canada // Water Research. 1975. V. 9. P. 823–833.
56. Starzeska A., Pasternak K., Ostrowsky M. Proba klasyfikacji czystosci wody w oparciu o wybrane bakteriologiczne i chemiczne cechy // Actahydrobiol. 1979. V. 4. P. 397–402.
57. Steinhart C., William C. An enviromental Quality Index for the great Jakes // Water Resources Bulletin. 1982. V. 18. P. 1025–1031.
58. Tomas W.A. Attudes of Professionals in Water Management Toward the use of water quality indices // Journal of Enviromental Management. 1976. V. 4. P. 325–328.
59. Truett J.B., Jonson A.C., Rowe W.D., Feigner K.D., Manning L.J. Development of water quality management indices // Water Recources Bulletin 1975. V. 3. P. 436–448.
60. Tumlping W. Ober die Zusammenhange zwischen bestimmten Faktoren der Wasserbeschaffenheit in FliePgewassem // Wasserwirtschaft Wassertechnik. 1970. V. 3. P. 77–81.

The article gives a review of the selection of indices for hydrochemical assessment of surface waters. It is considered the principles and methods of indices calculation, and shown all their advantages and shortcomings.

Key words: *indices, class of water quality, integrated assessment, water.*